

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»
В.А. Лапшинов
М.П.
«08» ноября 2022 г.



«ГСИ. Машины координатно-измерительные портативные
PMT ALPHA. Методика поверки.»

МП-076-2022

г. Чехов
2022 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки машин координатно-измерительных портативных PMT ALPHA (далее – КИМ), применяемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие требования, приведенные в таблицах 1 - 5.

Таблица 1 - Метрологические характеристики КИМ серии E

Наименование характеристики	Значение						
Модификация	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом), мм	0,038	0,041	0,050	0,080	0,098	0,116	0,128
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях контактным щупом), мм	$\pm 0,036$	$\pm 0,040$	$\pm 0,045$	$\pm 0,065$	$\pm 0,080$	$\pm 0,100$	$\pm 0,120$

Таблица 2 - Метрологические характеристики КИМ серии M с шестью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
Модификация	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом), мм	0,026	0,032	0,038	0,052	0,066	0,083	0,108
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях контактным щупом), мм	$\pm 0,025$	$\pm 0,028$	$\pm 0,030$	$\pm 0,042$	$\pm 0,056$	$\pm 0,066$	$\pm 0,089$

Таблица 3 - Метрологические характеристики КИМ серии M с семью осями вращения

Наименование характеристики	Значение					
Модификация	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Диапазон измерений, м	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом), мм	0,040	0,048	0,078	0,092	0,102	0,132
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях контактным щупом), мм	$\pm 0,030$	$\pm 0,032$	$\pm 0,053$	$\pm 0,066$	$\pm 0,082$	$\pm 0,099$
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях лазерным сканером PMT ALPHA HD), мм	0,040	0,045	0,052	0,065	0,081	0,131
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях лазерным сканером PMT ALPHA SD), мм	0,050	0,055	0,062	0,076	0,090	0,139

Таблица 4 - Метрологические характеристики КИМ серии Р с шестью осями вращения

Наименование характеристики	Значение						
Модификация	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Диапазон измерений, м	от 0 до 1,5	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом), мм	0,024	0,030	0,032	0,045	0,060	0,077	0,101
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях контактным щупом), мм	±0,022	±0,024	±0,026	±0,038	±0,052	±0,063	±0,080

Таблица 5 - Метрологические характеристики КИМ серии Р с семью осями вращения

Наименование характеристики	Значение					
Модификация	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м	4,5 м
Диапазон измерений, м	от 0 до 2,0	от 0 до 2,5	от 0 до 3,0	от 0 до 3,5	от 0 до 4,0	от 0 до 4,5
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях контактным щупом), мм	0,038	0,042	0,072	0,088	0,098	0,122
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений геометрических параметров (при измерениях контактным щупом), мм	±0,026	±0,028	±0,048	±0,061	±0,076	±0,095
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях лазерным сканером PMT ALPHA HD), мм	0,038	0,042	0,047	0,060	0,074	0,120
Повторяемость результата измерений координат точки (при измерениях лазерным сканером PMT ALPHA SD), мм	0,043	0,048	0,055	0,068	0,080	0,125

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость единиц величин поверяемого средства измерений в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 апреля 2021 г. № 472 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений геометрических параметров поверхностей сложной формы, в том числе эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба» к следующему государственному первичному эталону через эталоны, заимствованные из государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм»:

ГЭТ2-2021 - ГПЭ единицы длины – метра.

В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод прямых измерений.

2. Перечень операций поверки средств измерений

При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 6.

Таблица 6 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях контактным щупом	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным щупом	Да	Да	10.2
Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях лазерным сканером	Да ^{1), 2)}	Да ^{1), 2)}	10.3

¹⁾ только для КИМ, оснащённых лазерным сканером, с указанием в сведениях о поверке информации о модели и заводском номере устройства;

²⁾ только при наличии в комплекте лазерного сканера, с обязательной передачей в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений информации об объеме проведенной поверки.

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от плюс 18 до плюс 22;
- относительная влажность, %, не более 90

Примечание: при проведении измерений условия окружающей среды средств поверки (эталонов) должны соответствовать требованиям, приведённым в их эксплуатационной документации.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемое средство измерений, средства поверки, и аттестованные в качестве поверителя средств измерений в установленном порядке. Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 7.

Таблица 7 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 10 до плюс 40 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 95 % с погрешностью не более 2 %	Измерители температуры и относительной влажности воздуха ИВТМ-7 (рег.№ 71394-18)
п. 10.1 Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях контактным щупом; п. 10.3 Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях лазерным сканером	Мера для поверки систем координатно-измерительных (сфера) диаметром от 20 до 50 мм, допускаемая абсолютная погрешность воспроизведения диаметра не более ± 1 мкм;	Меры для поверки систем координатно-измерительных ROMER Absolute Arm (Рег. № 64593-16);
п. 10.2 Определение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным щупом	Рабочий эталон 4-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840 – меры длины концевые плоскопараллельные, набор № 9, границы абсолютных погрешностей $\pm(0,2+2 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м	Меры длины концевые плоскопараллельные, набор №9, (Рег. № 9291-91)
Примечания: 1) Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть аттестованы или поверены в установленном порядке. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа и поверены в установленном порядке. 2) Допускается применения средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

Для определения абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным датчиком применяется приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных. Схема приспособления приведена на рисунке А-1 Приложения А к настоящей методике поверки.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При выполнении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений, средства поверки, правилам по технике безопасности, которые действуют на месте проведения поверки.

7. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средства измерений следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений приведенному описанию и изображению;
- маркировки требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики изделия;
- комплектность, необходимая для проведения измерений, в соответствии с руководством по эксплуатации.

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции по поверке не производят.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

Перед проведением работ средство измерений и эталоны должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны не менее 4 часов при постоянной температуре, в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

При опробовании проверить:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединённых деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность всех функциональных режимов и узлов.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

Запустить программное обеспечение (далее – ПО).

Необходимо на главном экране нажать кнопку «other», затем выбрать пункт «About». Версия программного обеспечения отобразится на экране.

Результат считается положительным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения соответствуют приведённым в таблице 8.

Таблица 8.

Идентификационные данные (признаки)	Значение				
	Autodesk PowerInspect	Poly Works	Metrolog X4	CAM3	Rational DMIS
Идентификационное наименование ПО					
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	V.10	V.2016	V.7	V.10	7.7
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	-				

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, средство измерений признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Определение метрологических характеристик проводится по методике проведения измерений, приведённой в руководстве по эксплуатации.

10.1 Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях контактным щупом

10.1.1 Повторяемость результата измерений координат точки контактным методом определяется с помощью сферы, закреплённой на плите, путем вычисления координат центра сферы с предварительно определенными параметрами.

10.1.2 Произвести измерения на 3-х различных расстояниях сферы относительно машины, как показано на рисунке Б-1 Приложения Б к настоящей методике поверки, и при 5 различных

ориентациях машины относительно сферы (рисунок Б-2 Приложения Б к настоящей методике поверки).

10.1.3 Сферу закрепить на столе на расстоянии от 0 до 20 % половины диапазона (радиуса) измерений машины.

10.1.4 Произвести измерения сферы в 5 точках, одна точка – на полюсе, четыре точки должны быть расположены на диаметре сферы. По полученным точкам с помощью ПО рассчитать координаты $\{x, y, z\}_i$ центра сферы. Повторить измерения для каждой ориентации машины относительно сферы. Вычислить координаты среднего арифметического положения центра сферы на данном расстоянии от КИМ по формуле

$$\{x, y, z\}_{\text{ср. 1}} = \left\{ \frac{\sum_{k=1}^5 x_k}{5}, \frac{\sum_{k=1}^5 y_k}{5}, \frac{\sum_{k=1}^5 z_k}{5} \right\}, \quad (1)$$

где x_k, y_k, z_k – координаты центра сферы для k -ой ориентации КИМ относительно сферы, мм

10.1.5 Для каждой ориентации КИМ относительно сферы вычислить значения отклонений координат центра сферы от среднего арифметического значения по формуле

$$S_k = \sqrt{(x_k - x_{\text{ср}})^2 + (y_k - y_{\text{ср}})^2 + (z_k - z_{\text{ср}})^2}, \quad (2)$$

где $x_{\text{ср}}, y_{\text{ср}}, z_{\text{ср}}$ – координаты среднего арифметического положения сферы, мм

10.1.6 Снять сферу, поочерёдно закрепить её на расстоянии 20 – 80% и 80 – 100% половины диапазона (радиуса) измерений от машины (рисунок 1) и повторить действия по п.п. 10.1.4 – 10.1.5.

10.1.7 За повторяемость результатов измерений принимается максимальное значение $S_{k\text{max}}$ отклонения полученных координат центра сферы от среднего арифметического значения.

Значение повторяемости результатов измерений положения координат центра сферы не должно превышать значений, указанных в п. 1 настоящей методики поверки.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным щупом

10.2.1 Абсолютная погрешность измерений геометрических параметров при измерениях контактным датчиком определяется с помощью мер длины концевых плоскопараллельных (далее – меры). Измеряется расстояние между двумя торцами меры с последующим вычислением отклонения от эталонного значения её длины. Необходимо использовать не менее трёх мер. Рекомендуемые номинальные значения размеров мер: 100, 500, 1000 мм.

10.2.2 Меры устанавливаются и закрепляются на виброустойчивое основание (стенд, стол, плиту поверочную) в пространстве измерения КИМ в плоскости ХУ таким образом, чтобы наибольшая из измеряемых мер находилась в области от 60 до 100 % диапазона измерений КИМ.

КИМ должна располагаться на перпендикуляре к геометрическому центру мер.

10.2.3 Измерить каждую меру, собрав не менее 5 точек на каждом торце меры – по углам и в центре. По данным точкам с помощью ПО необходимо используя функцию «Создать фигуру плоскости...» во вкладке «Фигуры...» построить плоскости на каждом торце, соответствующие рабочим поверхностям мер, и с помощью функции «Измерить фигуры расстояния...» определить расстояние между данными плоскостями, что будет являться измеренным расстоянием между рабочими поверхностями (торцами) мер.

10.2.4 Переместить меры на 120° по часовой стрелке от начального положения относительно центра КИМ. Вместо перемещения мер допускается поворот КИМ вокруг оси Z на тот же угол. Повторить действия по п. 10.2.3 ещё раз.

10.2.5 Повторить действия по п. 10.2.4 ещё раз.

10.2.6 Вернуть меры в начальное положение и закрепить на оснастку под углом 45° к горизонту.

10.2.7 Повторить действия по п. п. 10.2.3 – 10.2.5.

10.2.8 Переместить меры в исходное положение и закрепить вертикально.

10.2.9 Повторить действия по п. 10.2.3.

10.2.10 Вычислить значение абсолютной погрешности измерений геометрических параметров при измерениях контактным датчиком по формуле

$$\Delta l_i = l_{i \text{ изм}} - l_{i \text{ ном}}, \quad (3)$$

где Δl – абсолютная погрешность измерений при i -ой итерации;

$l_{\text{изм}}$ – измеренное расстояние между торцами меры при i -ой итерации;

$l_{\text{изм}}$ – расстояние между торцами меры (действительная длина меры);

Значение абсолютной погрешности измерений не должно превышать значений, указанных в п. 1 настоящей методики поверки.

10.3 Определение повторяемости результата измерений координат точки при измерениях лазерным сканером

10.3.1 Повторяемость положения координат центра сферы при измерениях лазерным сканером определяется с помощью сферы, закрепленной на плите, путем сканирования сферы и вычисления координат её центра.

10.3.2 Произвести сканирование на 3-х различных расстояниях сферы относительно машины, как показано на рисунке 1, и при 5 различных ориентациях машины относительно сферы (рисунок 2).

10.3.3 Сферу закрепить на столе на расстоянии от 0 до 20 % половины диапазона (радиуса) измерений машины.

10.3.4 Перед проведением измерений дать прогреться сканеру в течении не менее 5 минут;

10.3.5 Произвести сканирование сферы при 5 различных ориентациях машины относительно сферы. При сканировании сферы требуется получить равномерно не менее 75% точек, равноудаленных друг от друга. После полученного облака точек необходимо выполнить фильтрацию случайно полученных точек методом аппроксимации и наложением спец фильтров, которые доступны в ПО. По результатам сканирования с помощью ПО рассчитать координаты $\{x, y, z\}_{1,i}$ центра сферы. Повторить измерения 5 раз. Вычислить координаты среднего арифметического положения центра сферы на данном расстоянии от КИМ по формуле (1).

10.3.6 Для каждого положения сферы относительно КИМ вычислить значения отклонений координат центра сферы от среднего арифметического значения по формуле (2).

10.3.7 Снять сферу, поочередно закрепить её на расстоянии 20 – 80% и 80 – 100% половины диапазона (радиуса) измерений от машины (рисунок 1) и повторить действия по п. п. 10.3.4 – 10.3.5.

10.3.8 За отклонение положения координат центра сферы принимается максимальное значение S_k max отклонения полученных координат центра сферы от среднего арифметического значения.

Значение отклонения положения координат центра сферы не должно превышать значений, указанных в п. 1 настоящей методики поверки.

11. Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результате и объёме поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению. В соответствии с действующим законодательством допускается выдача свидетельства о поверке и (или) в паспорт средства измерений вносить запись о проведенной

поверке. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

11.3 При отрицательных результатах поверки, средство измерений признается непригодным к применению.

Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



К.А. Ревин

Приложение А
(обязательное)

Приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных

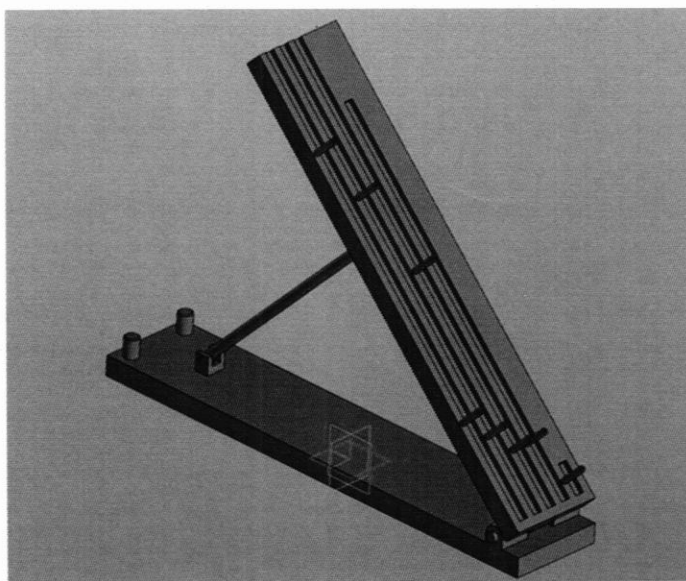


Рисунок А-1 – приспособление для фиксации мер длины концевых плоскопараллельных

Приложение Б
(Обязательное)
Схемы проведения измерений

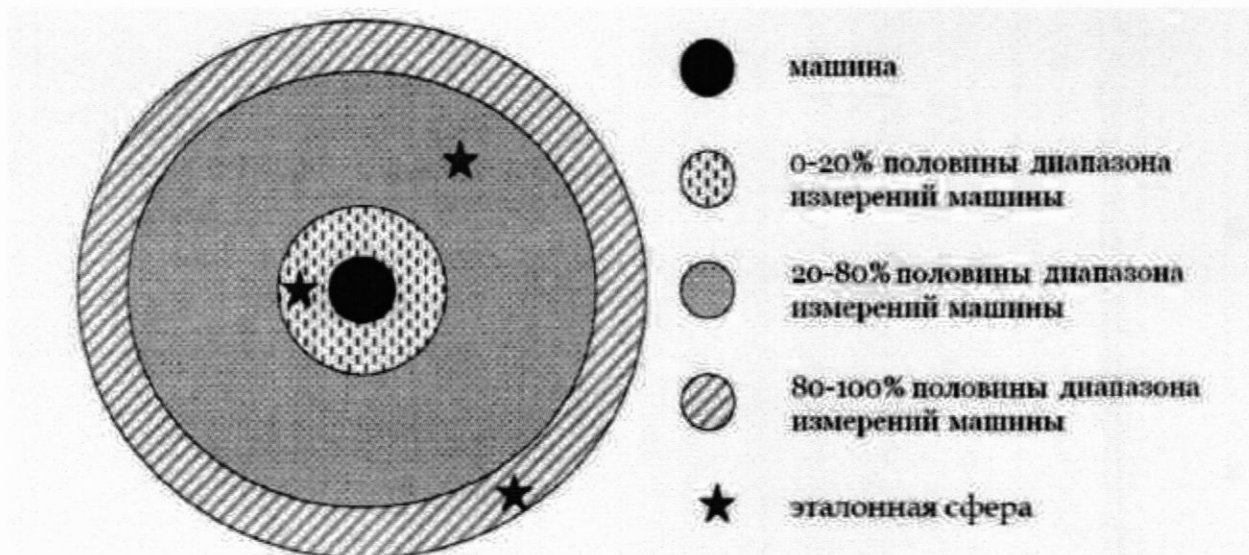


Рисунок Б-1 – Схема взаимных расположений сферы на разном расстоянии относительно КИМ

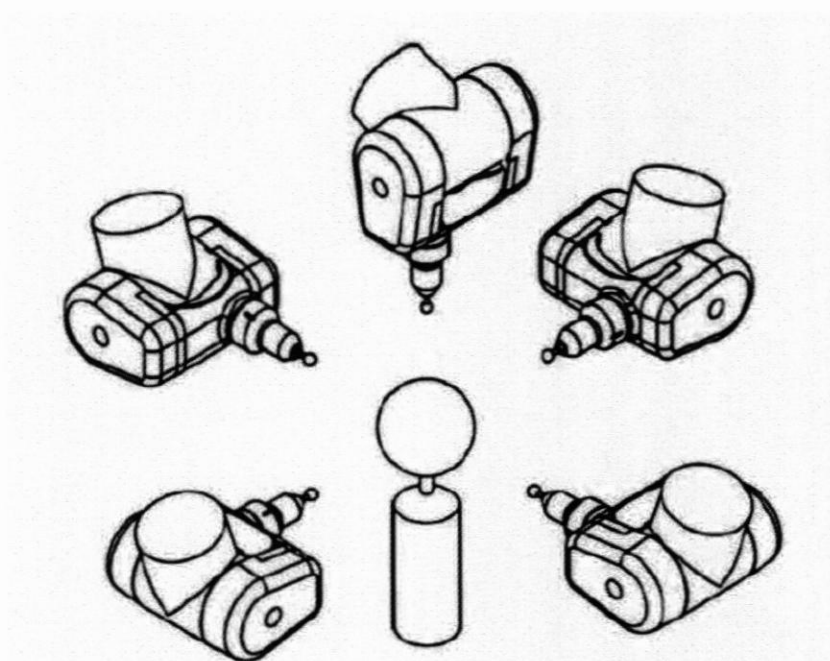


Рисунок Б-2 – Схема ориентации сегментов КИМ относительно сферы при измерениях